

中国古代几种蓝色颜料的起源及发展历史

纪娟 张家峰

(西安文物保护修复中心, 陕西 西安 710075)

内容摘要:主要论述中国古代几种常用蓝色颜料的起源和发展历史,每个时期颜料的流通和使用都反映了当时政治经济、文化科技水平及对外贸易的范围。通过对此的研究,能帮助我们了解更多关于古代国家之间贸易往来、文化交流的信息,也是见证东西方政治文化交流的历史凭证。

关键词:中国蓝;青金石;石青;Smalt;苏麻离青;合成群青

中图分类号:K879.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-4106(2011)06-0109-06

The Origin and History of Some Blue Pigments in Ancient China

Ji Juan ZHANG Jiafeng

(Xi'an Research Center for Conservation and Restoration of Cultural Relics, Xi'an, Shaanxi 710075)

Abstract: This paper mainly describes the origin and developmental history of several blue pigments in ancient china. The circulation and application of pigments in each period reflect the politics, economy, science, culture, and international trade. This research helps understand the trade contacts and cultural exchanges in ancient countries and bears witness to the political and cultural exchanges between East and West.

Keywords: Chinese Blue; Lapis Lazuli; Azurite; Smalt; Samarra-Blue; Ultramarine Blue

1 引言

中国古代颜料的应用多见于墓葬壁画、雕塑彩绘、石窟寺壁画、陶器彩绘、古建筑彩绘、岩画、纸绢本绘画等。蓝色颜料是古代各种彩绘中经常使用的颜料类别。蓝色颜料色彩强烈,给人庄重典雅的感

觉,受到不同时代、不同地域人们的普遍喜爱。中国古代历史上曾出现过不同种类的蓝色颜料,如先秦至两汉时期的中国蓝(Chinese Blue),北魏时期应用于敦煌莫高窟壁画的青金石(Lapis lazuli),唐代开始大量使用的石青(Azurite),元代青花瓷使用的苏麻离青(Samarra-blue),清代古建筑彩绘中的蓝色颜料(Smalt)及清末大量使用的合成群青(Ultramarine blue)等。

收稿日期:2011-05-25

作者简介:纪娟(1982—),女,陕西省延安市人,硕士,西安文物保护修复中心助理研究员,主要从事文物保护研究。

张家峰(1965—),男,陕西省西安市人,西安文物保护修复中心助理研究员,主要从事文物保护与修复研究。

纵观古代颜料发展史,人类对颜料的使用贯穿于整个社会发展过程。从天然植物、矿物颜料到合成颜料的应用,见证了人类认识客观世界、改造客观世界的实践。不同地区之间颜料流通是古代各国贸易往来、文化交流的有力凭证,也是我们研究中西方政治、文化交流的重要途径。本文主要阐述几种常用蓝色颜料如中国蓝、青金石、石青、苏麻离青、Smalt、合成群青的起源和发展过程,旨在勾勒出中国古代蓝色颜料应用的历史轮廓。

2 古代蓝色颜料的起源及发展历史

2.1 中国蓝(Chinese Blue)

中国蓝是古代人工合成的蓝色化合物,化学分子式为 $\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$,最早出现在战国早中期。美国佛利尔研究所 Fitzhugh 从中国战国至汉代陶器、青铜器彩绘颜料以及蓝紫色八棱柱中分析出蓝色和紫色硅酸铜钡,并将它们命名为中国蓝(汉蓝)^[1,2]。Brill^[3]、Berke^[4]等对它的制造和起源进行了探讨。

Berke^[5]等人研究了来自古代中国的四件器物,其中三个样品出土自甘肃省张家川村马家源遗址(战国后期,474—221BC)的彩陶颗粒,另外一件是来自山东省章丘危山汉墓壁画(206BC—8AD)上的单个晶体。在彩陶颗粒样品和单个晶体中发现了中国深蓝($\text{BaCu}_2\text{Si}_2\text{O}_7$)、中国蓝($\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$)和中国紫($\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$),并用X射线分析单个晶体得出 $\text{BaCu}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ 化合物的结构。

1900年Le Chatelier以埃及蓝($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$)为基础,制备出 $\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$ 和 $\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$ 两种晶体,并在柏林专利局申请了专利^[6]。Pabst^[7]和Bayer^[8]分别合成了 $\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$ 。Giester^[9]在南非发现天然的蓝色硅酸铜钡(主要显色成分为 $\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$),但学术界普遍认为文物上使用的中国蓝颜料是人工制造,且与古代中国玻璃制造技术和原料有关。较早的中国蓝多发现于春秋战国时期的费昂斯管子或珠子等饰物。作为颜料,其使用主要集中在秦及两汉时期,魏晋之后未见报道^[10]。

2.2 青金石(Lapis lazuli)

青金石是晶体集合体,由蓝色的天青石(Lazurite, $(\text{Na}, \text{Ca})_8(\text{AlSiO}_4)_6(\text{S}, \text{SO}_4, \text{Cl})_{1-2}$, 25%—40%)或蓝方石(Hauynite, $(\text{Na}, \text{Ca})_8(\text{AlSiO}_4)_6(\text{SO}_4)$)与白色方解石(Calcite, CaCO_3)和金色斑点的黄铁矿(Pyrite, FeS_2)组成。青金石的主要产地有美国、阿富汗、俄罗斯、蒙古、智利、加拿大、巴基斯坦、印度

和缅甸等地。中国迄今为止未发现青金石矿床。在阿富汗的巴达赫尚,青金石的开采历史已经超过6000年,早在4000—5000年前中亚阿姆河流域和西亚美索不达米亚就有以青金石为主要产品的贸易往来^[11]。青金石在古代也被称为“琉璃”、“天然群青”、“金精”、“蓝赤”等^[12]。

青金石是一种古老的玉石,用于装饰工艺品和首饰,古代也把它作为彩绘用的蓝色颜料。青金石被古埃及人用作护身符和装饰品,出土的埃及法老图坦卡蒙(Tutankhamun)面罩(前1325)上的蓝色眉毛被鉴定为青金石,从中世纪的彩色手稿到文艺复兴时期的镶嵌画,所采用的蓝色颜料大多来自青金石。我国近代著名地质学家章鸿钊在《石雅》一书中写道:“青金石色相如天,或复金属屑散乱,光辉灿灿,若众星之丽于天也。”^[13]清代的《清会典图考》中称:“皇帝朝珠杂饰,唯天坛用青金石,地坛用黄玉,日坛用珊瑚,月坛用白玉。”^[14]

在我国敦煌莫高窟、天水麦积山石窟、永靖炳灵寺石窟、克孜尔千佛洞等石窟寺壁画上都曾使用青金石作颜料^[15]。位于新疆维吾尔自治区拜城县的克孜尔石窟是我国早期石窟寺(始于东汉后期)的重要代表,也是中国佛教艺术中最早应用青金石颜料的石窟之一。研究人员应用现代仪器手段对比了敦煌石窟壁画青金石颜料和阿富汗青金石颜料,认为壁画中使用的蓝色颜料来源于阿富汗,可上溯到两晋时期(265—420)^[16]。

李最雄^[17]研究了莫高窟壁画、彩塑中的蓝色颜料,早期(十六国至北周)以青金石为主,到了中期(隋朝至五代)蓝色颜料基本全为石青,或者在石青中掺杂少量青金石,晚期(西夏至清代)开始大量使用群青(人造青金石)。敦煌莫高窟壁画中的天然青金石是从阿富汗、印度等国传入新疆,再传入敦煌。

克孜尔、敦煌、天水都是古丝绸之路的重镇,王进玉^[18]对敦煌石窟历代彩绘所用青金石颜料的组成、元素等信息与甘肃永靖炳灵寺、天水麦积山石窟北朝至唐代使用的青金石颜料做了对比研究,通过考察青金石传播到中国的媒介与途径,对于研究中国与西域进行政治往来、商业贸易、文化交流具有重要意义。

2.3 石青(Azurite)

石青,地质学名为蓝铜矿,化学成分为 $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$,化学名称为碱式碳酸铜,在古代绘画中称其为石青,另有金青、紺青、空青、兽青、白青等称谓^[19]。蓝铜矿属单斜晶系的碳酸盐矿物,是孔雀石

的伴生矿物,在我国的甘肃、广东、湖南、云南等地皆有出产。各地出产的石青纯度和色相均不同,品位高的蓝铜矿制作的石青纯度高,色相饱和,反之,纯度低色相不够饱和。

早在唐代炼丹著作《铅汞甲庚至宝集成》^[20]卷1“曾青”条下就有“又曰,凡使勿夹及铜青”的记载,曾青就是石青(蓝铜矿)^[21]。

天梯山石窟位于甘肃省武威城南50公里处,创建于东晋十六国时期的北凉(401—439),有“石窟鼻祖”之称。陈庚龄^[22]在天梯山第9窟中发现了石青,经过莫高窟、麦积山石窟壁画颜料的对比研究发现,石青作为蓝色颜料在唐代开始大量使用,而在隋朝以前蓝色颜料几乎是价格昂贵的青金石,这可能与甘肃祁连山蓝铜矿的发现有关^[23]。

王进玉^[24]等人通过XRD、XRF分析,在青海省乐都县的瞿昙寺(始建于1393年)壁画中发现了石青颜料。

内蒙古阿尔寨石窟始建于北魏中期,鼎盛于西夏、元代,毁于明代,是佛教在蒙古地区较早传播的证据之一^[25]。夏寅^[26]等人采用偏光显微镜分析、剖面分析,并结合XRD对6个洞窟的23个样品进行了分析,其中蓝色颜料为石青。

陈青^[27]等人采用现代分析测试技术,对甘肃东千佛洞西夏和元代壁画的24个颜料样品进行了分析检测,研究发现壁画中的淡蓝色颜料是石青和铅白、氯铅矿、铅丹混合使用的颜料样。

从以上叙述中可见,石青自唐代以来开始作为蓝色颜料广泛应用于壁画、泥塑彩绘创作,逐渐取代昂贵的青金石。

2.4 蓝色颜料 Smalt 和 苏麻离青 (Samarra-blue)

蓝色颜料 Smalt 的组成为 SiO_2 (65—71%, 66—72%)、 K_2O (16—21%, 10—21%)、 CoO (6—7%, 2—18%), 以及其他杂质 (Al、Ba、Ca、Cu、Fe、Mg、Mn、Ni、Na), 蓝色玻璃状物质, 主要在玻璃和搪瓷中被用为着色剂^[28]。有学者认为, 1540—1560 年间一位名叫克里斯多夫·瑟彻尔的波西米亚玻璃工人发明了 Smalt, 由于这种颜料比青金石和石青更容易获得, 而且价格低廉, 在 16—18 世纪广泛用于欧洲油画与壁画中。

雷勇^[29]等人在故宫建福宫彩画中发现了蓝色颜料 Smalt, 可能是在 1740 年建福宫建成后, 嘉靖七年(1802)或者乾隆年间修缮重绘时和石青混合使用的。在随后的研究中, 他们推测建福宫建筑彩画和其他建筑上使用的蓝色颜料 Smalt 的制作原

料和工艺存在差别, 可能有不同批次和产地的蓝色颜料 Smalt 在清代中期进入中国。乾隆时期(1711—1799), 当时在欧洲绘画中大量使用的蓝色颜料 Smalt 可能被欧洲传教士或者通过其他途径带到中国^[30]。

内蒙古呼和浩特市博物馆收藏的大召寺壁画(16—17 世纪)也分析出了蓝色颜料 Smalt^[31]。常熟彩衣堂始建于明代弘治、正德年间, 龚德才通过分析得出彩衣堂建筑彩绘中的蓝色颜料为含钴的玻璃质材料^[32]。明清时代古建彩画和壁画如先农坛古建彩画、智化寺明代壁画、承德避暑山庄殊像寺、故宫慈宁宫和寿康宫等都使用了蓝色颜料 Smalt, 但具体时代没有断定^[33]。19 世纪上半叶, 西方开始使用廉价的合成群青作为蓝色颜料, 受到西方的影响蓝色颜料 Smalt 被取代而逐渐退出中国历史舞台。

Smalt 译为深蓝色、蓝玻璃、大青, 有人曾把它译为苏麻离青。而明代以来制造青花瓷使用的进口蓝色颜料也被称为苏麻离青(Samarra-blue)。青花瓷是以钴料在生坯上绘画, 上釉一次烧成后呈现白底蓝色彩饰的釉下彩瓷器, 具有中国传统水墨画的效果^[34]。明朝万历年间王世懋《窥天外乘》一书中提到“我朝则专设于浮梁县之景德镇, 永乐、宣德间内府烧造, 迄今为贵。以苏麻离青为饰, 以鲜红为宝。”明万历十九年(1591)《事物纪原》“永乐宣德窑”条记载: “二窑皆内府烧造, 以棕眼甜白为常, 以苏麻离青为饰, 以鲜红为宝。”^[35]

有日本学者加藤悦三^[36]认为, 中国景德镇最初(元代)所采用的青料源自西域的 Smalt 玻璃料。陈尧成^[37]等人通过分析认为景德镇青花瓷引进 Smalt 作色料的结论是不成立的。杜锋^[38]等人以现代科技分析为手段, 分析了元代至明代青花瓷器钴料的化学组成: SiO_2 (0—68.05%)、 K_2O (2.29—5.65%)、 CoO (0.13—1.14%)、 Fe_2O_3 (1.09—4.26%)、 CaO (4.03—9.28%)。Daniilia^[39]等人用 SEM/EDS 分析了希腊圣斯蒂芬修道院的壁画(17 世纪)颜料 Smalt 的组成为 SiO_2 (68.93%)、 K_2O (22.59%)、 CoO (4.09%)、 Ca (2.16%)、 Fe (2.492%), 另一样品为 SiO_2 (85.42%)、 K_2O (3.89%)、 CoO (3.25%)、 Ca (1.11%)、 Fe (2.05%)、 Al (1.63%)。Ajò^[40]等人利用 SEM/EDS、XRD、FTIR 检测出希罗费里壁画中 Smalt 的组成: SiO_2 (84.6%)、 K_2O (1.1%)、 CoO (3.3%)、 Ca (2.6%)、 Fe (1.9%)、 Ni (1.0%)、 As (2.2%)。通过这几组数据我们可以发现青花瓷料苏麻离青和 Smalt 基本组成一致, 但是各种元素的含量不尽相同, 两者是否是天然和合成的差别还

需要进一步证实。杜峰结合传统考古学方法和相关历史文献,认为苏麻离青和苏渤泥青是来自不同地域的两种含钴颜料。元代青花所用高 Fe 低 Mn 型钴料——苏麻离青(Samarra-blue)来自西亚波斯,可能由中东商人输入中国。而苏渤泥青(Sumatra-blue)可能是对源自古苏门答腊岛和南渤利国(现代印度尼西亚的苏门答腊岛)的高 Mn 低 Fe 型钴料的总称。

2.5 合成群青(Ultramarine blue)

天然群青(青金石)价格昂贵,欧洲的艺术家在绘画创作时会使用一种较为便宜的蓝色颜料——蓝铜矿。大部分蓝铜矿可能是从威尼斯传入欧洲,在德国和意大利北部国家的艺术品中很少能看到这种颜料。16 世纪末到 17 世纪,由于蓝铜矿的稀缺,对已经非常昂贵的天然群青的需求量急剧增长。1814 年,Tassaert 得到了一种自发形成的蓝色化合物,和群青非常相似,但是又区别于群青,1824 年,这种珍贵颜料的人工合成得到了奖励。Jean Baptiste Guimet 和 Christian Gmelin 分别于 1826 年和 1828 年设计了群青的合成路线,但是 Guimet 对他的方法进行了保密而 Gmelin 却公开发表,因此,Gmelin 成为人造群青工业的先驱。1830 年,法国、德国开始制造之后,英国、比利时、澳大利亚,再迟点美国都开始制造了。

群青主要是用高岭土、碳酸钠和硫酸等人工合成。合成群青分子式 $\text{Na}_{6-10}\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{S}_{2-4}$,它具有颜色鲜明、掩盖力较强等特点,成为常用的蓝色颜料。合成群青为复杂的铝钠硫硅酸盐,实际化学组成由生产配方决定。色相不同,化学组成亦不同,蓝色中浅色为 $\text{Na}_6\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{S}_2$; 中色为 $\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{S}_3$; 深色为 $\text{Na}_{10}\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{S}_4$ 。由青金石矿物研磨加工而成的蓝色颜料称为天然群青,但是这种矿藏稀少不易开采、价格昂贵,从 18 世纪以来,西欧一些国家相继人工合成群青,很快就在世界范围内得到普及和应用。

合成群青产品一出现,很快就被西欧国家的艺术家广泛用于绘画。晚清时期,欧洲合成群青输入我国。据调查,我国晚清时代全国大部分地区的彩绘艺术,不论是中原内地,还是西北边陲,无论是佛教、道教寺院、家庙及各种建筑物的彩绘,均使用颜色浓艳的“鬼子蓝”。这是因为合成群青颜色比石青鲜明,而且价格便宜,市面上容易买到。民国二十几年间,“现时需用群青,均有外国大量供给,国内尚无厂制造”。直到 1927 年我国化学家戴安邦、凌鼎钟^[41]等先辈才发起用四川等地国产原料合成群青,

此后,合成群青国内不再输入。

合成群青在清代壁画上应用广泛,并出现了与以前格调不同的浓重蓝色。合成群青的着色力比天然群青强,虽然合成群青价格便宜,但是不如天然群青淡雅、庄重^[42]。根据莫高窟清代重妆彩塑的时间和我国制造合成群青的年代考证,莫高窟在清代至 1940 年以前应用的合成群青是从国外进口的颜料^[43]。

4 小 结

1. 我国古代常用蓝色颜料起源、产地、发展历史总结,见表 1。

表 1 我国古代常用蓝色颜料一览表

名称	产地	化学组成	起源	时间
中国蓝	中国	$\text{BaCuSi}_4\text{O}_{10}$	人造	战国
青金石	阿富汗、俄罗斯、加拿大等地	$(\text{Na}, \text{Ca})_8(\text{AlSiO}_4)_6(\text{S}, \text{SO}_4, \text{Cl})_{1-2}$	天然	北魏
石青	甘肃、广东、湖南等地	$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	天然	唐代
Smalt	欧洲	$\text{SiO}_2, \text{K}_2\text{O}, \text{CoO}$	人造	清代
苏麻离青	西亚波斯地区	$\text{SiO}_2, \text{K}_2\text{O}, \text{CoO}, \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{CaO}$	天然	明代
合成群青	各地合成	$\text{Na}_{6-10}\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{S}_{2-4}$	人造	清代

2. 我们基本可以理清这几种古代蓝色颜料的发展脉络,不论天然还是合成颜料,都是研究中国乃至世界古代颜料化学发展史的重要资料,这些颜料的应用不但反映了我国古代化工技术和颜料制作技术的水平,而且也是不同历史时期中西方文化和科学技术交流的丰硕成果。

中国蓝的出现与古代玻璃制造技术相关,其作为颜料使用始于战国,主要集中在秦及两汉时期;北魏时期开始使用的青金石蓝色颜料是由古丝绸之路从阿富汗传入中国境内;唐代时期广泛应用的石青逐渐取代了昂贵的青金石;明代海上丝绸之路的开辟,使产自波斯的苏麻离青将我国青花瓷带入辉煌发展时期;到 16 世纪后,随着欧洲工业技术水平的不断提高,合成颜料 Smalt 和群青逐渐取代天然矿物颜料,清朝以后受西方影响,国内也开始大量使用合成颜料。

3. 两种含钴蓝色颜料 Smalt 和苏麻离青是同一种物质,还是同一物质的人造、天然两种不同

的存在形式,以及二者之间的联系有待进一步研究验证。

参考文献:

- [1]Fitzhugh E W, Zycheman L A. An early man-made blue pigments from China-Barium copper silicate [J]. *Studies in Conservation*, 1983, 28:15-23.
- [2]Fitzhugh E W, Zycheman L A. A purple barium copper silicate pigment from early China[J]. *Studies in Conservation*, 1992, 37:145-154.
- [3]Brill R H, Tong S S C, Zhang F K. The chemical composition of a faience bead from China [J]. *Journal of Glass Study*, 1989, 31:11-15.
- [4]Berke H. Chemistry in ancient times: The development of blue and purple pigments [J]. *Angewandte Chemie International Edition*, 2002, 41 (14): 2483-2487.
- [5]Berke H, Corbiere T, Portmann A, et al. Man-made ancient Chinese blue and purple pigments[J]. *文博*, 2009(06):251-265.
- [6]Wiedemann H G, Berke H. Chemical and physical investigations of Egyptian and Chinese blue and purple[C]//*Proceeding of the Conference the Polychromy of Antique Sculptures and the Terracotta Army of the First Chinese Emperor. Xi'an, China*, 1999:154-170.
- [7]Pabst A. Structure of some tetragonal sheet silicates[J]. *Acta Crystallographica*, 1959, 12:733-739.
- [8]Bayer G, Wiedemann H G. Aegyptisch Blau, ein synthetisches Farbpigment des Altertums, wissenschaftlich betrachtet[J]. *Sandoz Bulletin*, 1976, 40:20-39.
- [9]Giester G, Rieck B. Effenbergerite $\text{BaCu}[\text{Si}_2\text{O}_6]$, a new mineral from the Kalahari manganese field, South Africa: description and crystal structure [J]. *Mineralogical Magazine*, 1994, 58:663-670.
- [10]夏寅, 吴双成, 崔圣宽, 等. 山东危山西汉墓出土陶器彩绘颜料研究 [J]. *文物保护与考古科学*, 2008, 20(2): 13-19.
- [11]伏修锋, 干福熹, 马波, 等. 青金石产地探源[J]. *自然科学史研究*, 2006, 25(3):246-254.
- [12]阿不力克木·阿布都热西提. 与青金石有关的突厥语宝石名称考[J]. *西域研究*, 2008(3):107-114.
- [13]叶寅生. 青金石古今谈[J]. *珠宝科技*, 1997, 16(04): 16:27-28.
- [14]干福熹. 玻璃和玉石之路[J]. *广西民族大学学报(自然科学版)*, 2009, 15(4):6-17.
- [15]王进玉. 敦煌、麦积山、炳灵寺石窟青金石颜料的研究[J]. *考古*, 1996(10):77-92.
- [16]苏伯民, 李最雄, 马赞峰, 等. 克孜尔石窟壁画颜料研究[J]. *敦煌研究*, 2000(1):65-75.
- [17]李最雄. 敦煌莫高窟唐代绘画颜料分析研究[J]. *敦煌研究*, 2002(4):11-18.
- [18]王进玉. 中国古代彩绘艺术中应用青金石颜料的产地之谜[J]. *文博*, 2009(06):396-420.
- [19]余潮松. 浅谈敦煌壁画中的灰色[J]. *美术大观*, 2009(05):20-21.
- [20]正统道藏:第32册[M]. 台北:艺文印书馆, 1977.
- [21]王进玉, 王进聪. 敦煌石窟铜绿颜料的应用与来源[J]. *敦煌研究*, 2002(4):23-38.
- [22]陈庚龄. 天梯山石窟9窟彩塑与壁画地仗矿物及颜料分析[J]. *文物保护与考古科学*, 2010, 22(4):91-96.
- [23]李最雄. 丝绸之路石窟壁画彩塑保护[M]. 北京:科学出版社, 2005.
- [24]王进玉, 李军, 唐静娟, 等. 青海瞿昙寺壁画颜料的研究[J]. *文物保护与考古科学*, 1993, 5(2):23-35.
- [25]仁钦道尔吉. 阿尔寨石窟传说及其名称、废弃年代考[J]. *内蒙古社会科学(汉文版)*, 2004(2):18-20.
- [26]夏寅, 郭宏, 王金华, 等. 内蒙古阿尔寨石窟壁画制作工艺和颜料的分析研究 [J]. *文物保护与考古科学*, 2007, 19(2):41-46.
- [27]陈青, 王军虎, 杉下龙一郎. 甘肃东千佛洞二窟和七窟壁画使用颜料的研究 [J]. *文物保护与考古科学*, 1995, 8(1):9-16.
- [28]Mihlethaler B, Thissen J. Smalt[M]// Roy, Ashok. *Artists' Pigments: A Handbook of their History and Characteristics*, vol. 2. New York: Oxford University Press, 1993: 113-130.
- [29]雷勇, 曲亮, 成小林, 等. 钴蓝颜料(Smalt)在故宫建福宫彩画中的发现[J]. *文博*, 2009(06):276-279.
- [30]雷勇, 成小林, 杨红, 等. 进口蓝色颜料 Smalt 在故宫建福宫彩画中的使用和保存状况研究[J]. *故宫博物院院刊*, 2010(4): 140-163.
- [31]杜晓黎. 内蒙古大召壁画保护修复研究[C]// *丝绸之路古遗址保护——第二届石窟遗址保护国际学术讨论会论文集*. 2004.
- [32]龚德才, 奚三彩, 张金萍, 等. 常熟彩衣堂彩绘保护研究[J]. *东南文化*, 2001(10):80-83.
- [33]夏寅. 显微镜探知中国古代颜料史[J]. *文博*, 2009(06): 342-346.
- [34]吴隽, 李家治, 邓泽群, 等. 中国景德镇历代官窑青花瓷的断代研究[J]. *中国科学 E 辑: 工程科学 材料科学*, 2004, 34(5):516-524.
- [35]赵新图. 明初苏麻离青考[J]. *西南科技大学学报(哲学*

- 社会科学版), 2007, 24(1):64-67.
- [36]加藤悦三. 怎样用 Smalt 制备瓷器的釉下蓝色料[M]//中国古陶瓷研究. 北京: 科学出版社, 1987:281.
- [37]陈尧成, 郭演仪, 陈虹. 中国元代青花钴料来源探讨[J]. 中国陶瓷, 1993: 132(5):57-62.
- [38]杜锋, 苏宝茹. 两种不同的进口钴料:“苏麻离青”与“苏渤泥青”[J]. 中国科学, 2007, 37(5):636-643.
- [39]Daniilia S, Minopoulou E, Andrikopoulos K S, et al. From Byzantine to post-Byzantine art: the painting technique of St Stephen's wall paintings at Meteora, Greece [J]. Journal of Archaeological Science, 2008, 35:2474-2485.
- [40]Ajò D, Casellato U, Fiorin E, et al. Ciro Ferri's frescoes: a study of painting materials and technique by SEM-EDS microscopy, X-ray diffraction, micro FT-IR and photoluminescence spectroscopy [J]. Journal of Cultural Heritage, 2004, 5:333-348.
- [41]戴安邦, 凌鼎钟. 群青之制备及性质[J]. 金陵学报(理科专号), 1937, 7(2):271-283.
- [42]周国信. 我国古代颜料漫谈(二)[J]. 涂料工业, 1991(1)30-37.
- [43]王进玉. 敦煌石窟合成群青颜料的研究[J]. 敦煌研究, 2000(1):76-81.

《敦煌旧影:晚清民国老照片》出版

敦煌研究院编《敦煌旧影:晚清民国老照片》由上海古籍出版社于 2011 年 10 月出版。本书集中收录了晚清时期及 20 世纪 40 年代中期以前的有关敦煌和莫高窟及周边遗迹的影像。全书主要由敦煌城景、莫高窟景观、莫高窟的寺院、莫高窟的洞窟、莫高窟的塔、其他遗迹等六部分组成。其中,莫高窟景观中的莫高窟全景和其南北区全景及局部景象,皆反映了当时的莫高窟崖面状况。莫高窟洞窟的照片展现了 20 世纪前半叶莫高窟各洞窟的形象。其他遗迹照片涵盖了敦煌周边锁阳塔寺遗址、榆林窟崖面及洞窟的面貌等,为全面了解敦煌的历史文化提供了宝贵的资料。

这些珍贵的有关敦煌石窟及历史的照片,收藏于英法俄等各国博物馆及研究所,既有 20 世纪初,西方探险家斯坦因、伯希和、奥登堡等人在敦煌所拍摄的照片,也有民国时期,我国考古学家石璋如、王子云等及英国李约瑟先后来到敦煌,对敦煌文物古迹进行踏查而留下的珍贵影像资料。这些发黄的老照片记录了当时敦煌和莫高窟的历史面貌,为今后进行科学保护、学术研究、考古调查提供了珍贵的档案资料,具有很高的历史价值。

(孔令梅)